

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 30 14 785 A 1**

⑤⑦ Int. Cl. 3:
G 21 K 1/06
H 01 J 49/44

⑳ Aktenzeichen:
㉔ Anmeldetag:
㉕ Offenlegungstag:

P 30 14 785.4-33
17. 4. 80
22. 10. 81

Behördeneigentlich

㉑ Anmelder:
Leybold-Heraeus GmbH, 5000 Köln, DE

㉒ Erfinder:
Froitzheim, Hermann, Dr., 5100 Aachen, DE

⑤⑥ Recherchenergebnis gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG:

DE-AS 12 96 830
FR 20 56 163
US 32 33 099

NL-Z: Nuclear Instr. and Methods, 119, 1974, S. 43-49;
US-Z: The Review of Scientific Instruments, 43, 1972,
S. 108-111;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Monochromator für geladene Teilchen**

DE 30 14 785 A 1

DE 30 14 785 A 1

LEYBOLD-HERAEUS GMBH

5

Köln-Bayental

Monochromator für geladene Teilchen

10 ANSPRÜCHE

1. Monochromator für geladene Teilchen, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß zwei Monochromatoren
(1, 2) hintereinander angeordnet sind und daß sich
15 zwischen den beiden Monochromatoren eine Verzögerungs-
linse (7) befindet.
2. Monochromator nach Anspruch 1, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß ein als Zylinder-
20 kondensator ausgebildeter Vormonochromator (1) und ein
ebenfalls als Zylinderkondensator ausgebildeter Haupt-
monochromator (2) vorgesehen sind, zwischen denen die
Verzögerungslinse (7) angeordnet ist.
- 25 3. Monochromator nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß zur Bildung der
Verzögerungslinse (7) drei Blenden (17, 18, 22) vorge-
sehen sind.
- 30 4. Für die Elektronenenergieverlust-Spektrometrie geeigneter
Monochromator nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der
Vormonochromator (1) derart betrieben wird, daß die
Energie der austretenden Elektronen 10 V beträgt und daß
35 die Elektronen in der Verzögerungslinse (7) auf 0,4 V
verzögert werden.

LEYBOLD-HERAEUS GMBH

5

Köln-Bayental

Monochromator für geladene Teilchen

Für hochauflösende Spektrometrie geladener Teilchen ist es
10 zweckmäßig, zunächst hochmonochromatische Strahlen geladener
Teilchen zu erzeugen, d. h. Teilchenströme mit Teilchen
möglichst exakt gleicher Energie. Dafür haben sich Disper-
sionselemente auf elektrostatischer Basis durchgesetzt,
wobei hauptsächlich Kugel- oder Zylinderkondensatoren
15 Verwendung finden. Zylinderkondensatoren bestehen aus zwei
konzentrischen Zylinderabschnittsflächen; Kugelkondensatoren
weisen zwei konzentrische Kugelabschnittsflächen auf. In der
Regel erstrecken sich die Flächen über einen Winkel von 127° .

20 Grundsätzlich gilt für alle diese Geräte, daß die relative
Auflösung $\frac{\Delta E}{E}$ eine Konstante ist, die von der speziellen
Geometrie abhängt. Hieraus folgt, daß E_0 möglichst kleinzuhalten ist, um eine hohe absolute Auflösung zu erzielen.
Damit wird aber die erreichbare Intensität durch die Raum-
25 ladung begrenzt.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen
Monochromator für geladene Teilchen zu schaffen, der ohne
Auflösungseinbuße mit höheren Intensitäten als bisher betrie-
ben werden kann.

30

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß zwei
Monochromatoren hintereinander angeordnet sind und daß sich
zwischen den beiden Monochromatoren eine Verzögerungslinse
befindet. Bei einem in dieser Weise ausgebildeten Doppel-
35 monochromator besteht die Möglichkeit, den ersten mit
höherer Energie und damit höherer Intensität zu betreiben.

/3

Energie-
auflösung

} (B)

Anhand einer Rechnung kann abgeleitet werden, daß die
 5 Ausgangsströmdichte eines Einzelmonochromators folgenden
 Wert hat:

$$j_{ae} = \Delta E_o \cdot E_o^{3/2}$$

10 In dieser Gleichung bedeuten:

j_{ae} : die Ausgangsströmdichte des Einzelmonochromators

E_o : die Energie der Teilchen

15 E_o : energetische Halbwertsbreite

Für die Ausgangsströmdichte eines z. B. aus zwei Kondensa-
 toren bestehenden Doppelmonochromators mit der erfindungs-
 gemäßen Verzögerung der Teilchen zwischen den beiden Mono-
 20 chromatoren gilt:

$$j_{ad} = \Delta E_o \cdot E_1^{1/2} \cdot E_o$$

Darin bedeuten:

25 j_{ad} : die Ausgangsströmdichte des Doppelmonochromators

E_o : die Energie der Teilchen im zweiten Kondensator

E_1 : die Energie der aus dem ersten Kondensator
 austretenden Teilchen

30 Ein Vergleich der beiden Intensitäten j_{ad} und j_{ae} zeigt
 folgendes:

$$\frac{j_{ad}}{j_{ae}} = \frac{\Delta E_o \cdot E_1^{1/2} \cdot E_o}{\Delta E_o \cdot E_o^{3/2}}$$

35

$$= \sqrt{\frac{E_1}{E_o}}$$

Aus diesem Ergebnis ist ersichtlich, daß durch die
5 Verwendung eines Doppelmonochromators mit dazwischen
bewirkter Verzögerung der Teilchen bezüglich der
Intensität der Faktor $\sqrt{\frac{E_1}{E_0}}$ gewonnen werden kann.

Dieser Faktor ist >1 , da $E_1 > E_0$ ist.

10 Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sollen anhand eines
in der Figur schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels
eines Doppelmonochromators nach der Erfindung erläutert
werden.

15 Der dargestellte Doppelmonochromator besteht aus den
Zylinderkondensatoren 1 und 2, deren Zylinderabschnitts-
flächen mit 3 und 4 bzw. 5 und 6 bezeichnet sind. Beim
dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Zylinderkonden-
sator 1 der Vormonochromator, der mit erhöhter Energie
20 betrieben wird. Zwischen dem Vormonochromator 1 und dem
dazu spiegelsymmetrisch angeordneten, den Hauptmonochromator
bildenden Zylinderkondensator 2 ist die allgemein mit 7
bezeichnete Verzögerungslinse angeordnet.

25 Die in der nur schematisch angedeuteten Teilchenquelle 8
erzeugten Teilchen treten durch die Eintrittsblende 9 in
den Vormonochromator 1 ein, dessen Achse mit 11 bezeichnet
ist. Sie verlassen den Vormonochromator durch die Blende 12
mit der Energie E_1 . In der Verzögerungslinse 7 werden sie
30 auf die Energie E_0 verzögert und treten durch die Eintritts-
blende 13 in den Hauptmonochromator 2 ein, dessen Achse mit
14 bezeichnet ist. Aus dem Hauptmonochromator treten die
Teilchen dann hochmonochromatisiert durch die Blende 15 aus
und treffen auf die Probe 16. Die sich dann anschließenden
35 Einrichtungen, z. B. zur Messung des Energieverlustes, den
die Teilchen durch die Kollision mit der Oberfläche der
Probe erleiden, sind nicht mehr dargestellt.

5 Beim dargestellten Ausführungsbeispiel besteht die Ver-
zögerungslinse 7 aus drei Schlitzblenden 17, 18, 22. Die
Schlitzöffnungen der Blenden erstrecken sich in der
bei Zylinderkondensatoren üblichen Weise parallel zu den
Zylinderabschnittsflächen. Die daran anliegenden Spannungen
10 werden so gewählt, daß die gewünschten Verzögerungen
erreicht werden.

Der beschriebene Doppelmonochromator ist z. B. für die
Erzeugung von hochmonochromatisierten Elektronen geeignet.
Dementsprechend werden in der Teilchenquelle 8 Elektronen
15 erzeugt, die den Vormonochromator 1 mit der Energie E_1
(z. B. 10 V) verlassen. In der Verzögerungslinse 7 werden
sie auf die Energie E_0 (z. B. 0,4 V) verzögert.
Im Hauptmonochromator 2 erfolgt eine weitere Monochroma-
tisierung, so daß die Teilchen mit einer Auflösung von
20 z. B. 10 meV den Hauptmonochromator verlassen. Die erreich-
baren Intensitäten liegen bei ca. $5 \cdot 10^{-10}$ A. Bisher konnte
bei einer Energie von 0,4 eV nur eine maximale Intensität
von weniger als 10^{-11} A erreicht werden. Stromwerte können
um den Faktor 20 schwanken.

25

30

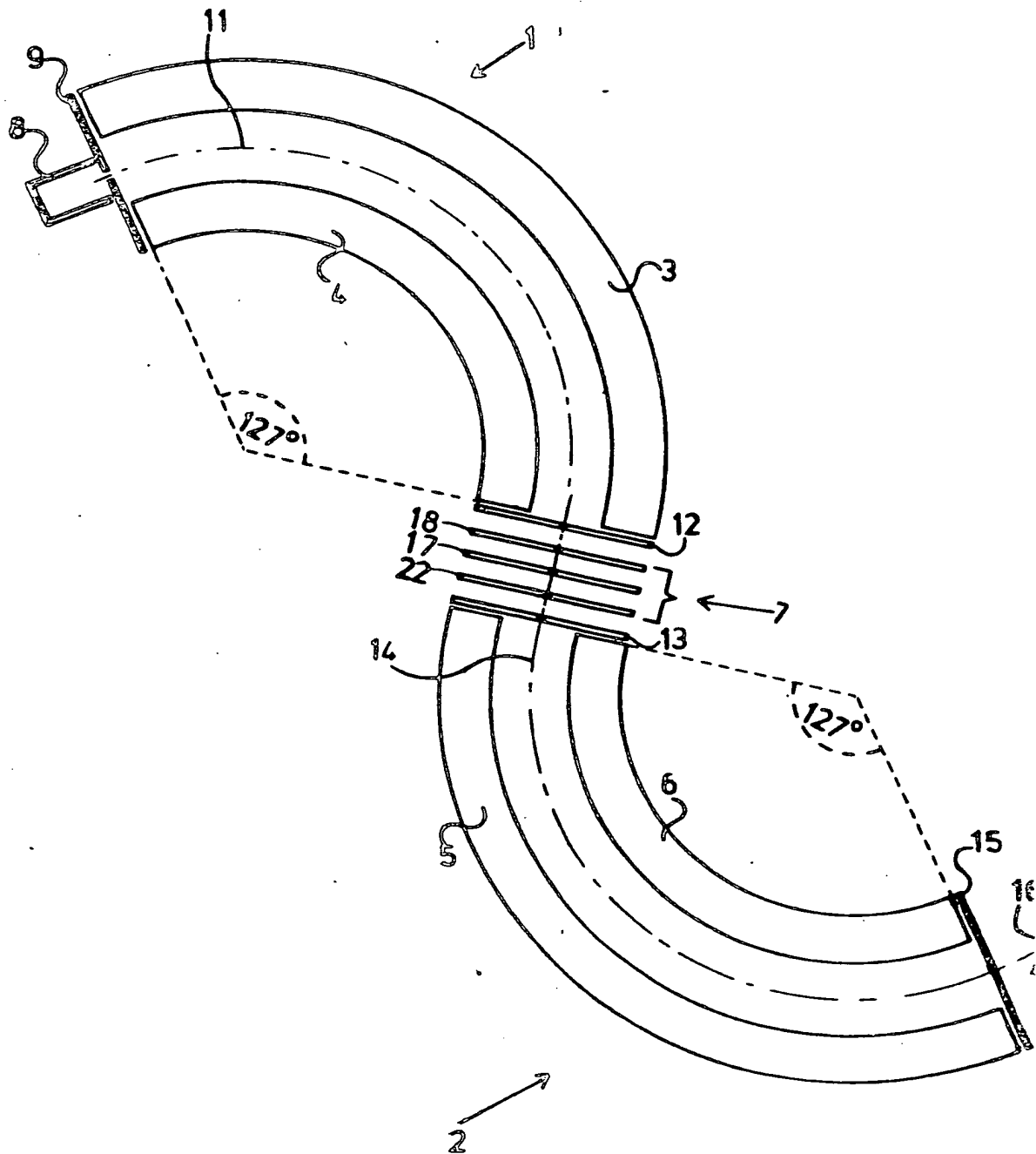
35

-6-
Leerseite

-7-
3014785

Nummer:
Int. Cl.³:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

30 14 785
G 21 K 1/06
17. April 1980
22. Oktober 1981



130043/0380

80.005